



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 195 20 650 A 1

⑯ Int. Cl. 6:  
F 23 D 14/48

DE 195 20 650 A 1

⑯ Aktenzeichen: 195 20 650.9  
⑯ Anmeldetag: 9. 6. 95  
⑯ Offenlegungstag: 12. 12. 96

⑯ Anmelder:  
Software & Technologie Glas GmbH (STG), 03058  
Kiekebusch, DE

⑯ Erfinder:  
Hegewald, Frank, Dipl.-Ing., 03099 Dahlitz, DE;  
Hermann, Peter, Dr.-Ing., 03130 Tschernitz, DE;  
Heelmann, Helmut, Dipl.-Ing., 03046 Cottbus, DE

⑯ Brennertechnische Vorrichtung zur Minderung der Stickoxidbildung bei Industrieofenbefeuерungen

⑯ Die Erfindung betrifft eine brennertechnische Vorrichtung zur primären NOx-Minderung an Hochtemperaturöfen und beinhaltet die unmittelbare Gaseinbringung in den Ofen mittels eines in der Gestalt geschlossen ausgeführten Diffusors mit einem Öffnungswinkel um 19°, wobei die Vorrichtung aus den drei an sich bekannten Bauteilen Brennerdüse, Düsensteinvorsatzplatte und Brennerdüsenstein besteht. Wesensmerkmal ist die geschlossene Mantellinie des von diesen drei Bauteilen gebildeten Diffusors und dessen einheitliche Achse. Zur Sicherung dieser Funktionsmerkmale weist die Vorrichtung ausschließlich zylindrische Aufnahmeführungen auf, die eine Auswinkelung unter den Bauteilen nicht zulassen. Die kombinierte Wirkung von Falschlufunterdrückung und Startreaktionsdämpfung erzielt im Vergleich zum bisherigen Stand der Technik in einem Beispiel eine Reduktion des thermischen NO um 50%.

DE 195 20 650 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 10. 96 602 050/142

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine sogenannte Primärmaßnahme zur Minderung der Stickoxidbildung bei Industrieofenbefeuерungen in Form einer Vorrichtung zur Brenngaseinbringung an Wannenöfen, bestehend aus den Bauteilen Brennerdüse, Brennerdüsenstein und einer dazwischen angeordneten Düsensteinvorsatzplatte und dadurch gekennzeichnet, daß deren Aneinanderreihung eine zwangsgeführte, gemeinsame Achse des Gasstrahlraumes aufweist, daß dieser Gasstrahlraum eine geschlossene Mantellinie besitzt und in Form eines Diffusors mit einem Öffnungswinkel von etwa 19 Grad ausgebildet ist.

Da Hochtemperaturöfen, wie beispielsweise Glasschmelzwannen, Prozeßtemperaturen um 1600°C aufweisen, liegen die erforderlichen Temperaturen der Wärmequelle, also die Flammtemperaturen, zwangsläufig deutlich über diesem Niveau. In der Folge ist die Bildung des überwiegend für die Gesamtausbringung verantwortlichen, sogenannten thermischen NO, die bei 1600°C einsetzt und sehr stark mit steigender Temperatur zunimmt, nicht vollständig vermeidbar, solange Luft an der Verbrennung beteiligt ist.

Zahlreiche bekanntgewordene Verfahren und Vorschläge zur primären NOx-Minderung mittels Flammtemperaturabsenkung sind für Hochtemperaturprozesse damit nicht anwendbar, wenig wirksam oder sogar kontraproduktiv. Obwohl der grundlegende Mechanismus der thermischen NO-Bildung durch J.A. Zeldovich (1948) und Baulch (1991) aufgeklärt ist, sind die Erfolge primärer NOx-Minderung im Hochtemperaturbereich bescheiden im Vergleich mit kälteren Öfen, insbesondere weil der Zugriff über die Absenkung der Flammtemperatur hier verbrennungstechnisch nur sehr begrenzt möglich ist und diese Maßnahme, sobald sie allein ausgeführt wird, schmelztechnologisch mit unakzeptablen Nachteilen bei Brennstoffverbrauch und Ofenleistungsparametern verbunden ist. Der hier insbesondere in Betracht kommende Stand der Technik primärer NOx-Minderung bei Hochtemperaturöfen ist gekennzeichnet zum einen durch die Aushaltung von Luft bei der Verbrennung, wobei diese durch möglichst reinen Sauerstoff ersetzt wird (oxy-fuel-Verfahren), zum andern durch nah- oder unterstöchiometrische Luftzuführung zur Verbrennung, die ggf. auch stufenweise vorgenommen wird (u. a. Luftstufungsverfahren). Darüber hinaus sind Brenner bekannt geworden, die die Minderung örtlich überhöhter Temperaturen der Flamme durch Stelleingriffe am Brenner bezüglich der Zerstäubercharakteristik ermöglichen und damit die empirische Ermittlung günstiger Einstellparameter durch den Betreiber zulassen, wobei die ofentechnologischen Rückwirkungen anderweitig aufzufangen oder hinzunehmen sind. Die Wirksamkeit der Methode beruht dann zu meist auf der Nutzung bislang unerkannter Reserven im zufälligen Arbeitsbereich, der lediglich durch das zusätzliche Stellglied um einen oder mehrere Freiheitsgrade erweitert wird. Damit bleiben gerade im Hochtemperaturbereich die Effekte von an sich bekannten Zerstäubern, die nur um die Regelbarkeit angereichert wurden, nachfolgend innovativer Arbeit überlassen. Bei Gasbrennern weist die seit langem bekannte, oft modifizierte, sogenannte Gasdüse in diesem beschränkten Rahmen relativ günstige Werte auf. Mit P 42 25 257 DE und P 195 20 649.5 sind darüberhinaus stickoxidmindernden Verfahren für Industrieöfen bekannt geworden, die den Widerspruch zwischen der Flammtemperaturabsen-

kung und der Leistung des Ofens dadurch auflösen, daß kältere Flammen mit einer veränderten Flammenlage im Ofen kombiniert werden, wobei sich beide Aspekte gegebenenfalls gegenseitig begünstigen. Damit eröffnen diese Verfahren prinzipiell die Aufgabenstellung für zwei Arbeitsrichtungen; zum einen für "kältere" bzw. im Temperaturprofil optimierte Flammen und zum anderen für intensivierte Wärmetübertragung unter diesen Bedingungen. Die genannten Erfindungen beinhaltet jedoch keine dazu und für Gas geeignete Brennvorrichtung.

Bekanntmaßen ist die Aushaltung von Falschluft, insbesondere in der Umgebung der Flammenwurzel, z. B. am Brennerdüsenstein eine effektive Stickoxid-Primärmindeungsmaßnahme bei Hochtemperaturindustrieöfen. Die diesbezüglich dem Ziel der Erfindung am nächsten stehende Lösung des Problems ist die Anordnung einer Brennerdüsensteinvorsatzplatte. Die Ausrichtung der Flammen in einer vorwiegend vom Ofenbau abhängigen, optimalen Winkelung in der vertikalen Ebene ist inzwischen als effektive Maßnahme erkannt worden. Den Stand der Technik auf diesem Gebiet bestimmen, wegen der widerspruchsfreien Erfüllung beider Gesichtspunkte, die genannten Vorsatzplatten speziell mit einer sphärischen Kontaktfläche zur Brennerlanze hin. Diese hat die Gestalt eines konkaven Kugelabschnitts, der einen zylindrischen Gasdurchtritt aufweist. Die verbleibenden Luftpalten zum anschließenden, stirnseits gleichmäßigen, aber kugelkonvexen Kopf der Brennerlanze hin, können somit in einem weiten Auswinkelungsbereich der Lanzen klein gehalten werden. Ähnlich gestaltete Anordnungen an Rohrleitungen werden üblicherweise als Kugel-Pfanneverbindung bezeichnet. Die, von üblichen Vorrichtungen zur Brennerhalterung, bezweckte Auswinkelbarkeit der Brennerlanzen gegenüber dem Brennerdüsenstein bleibt somit erhalten und ist ausdrückliches Ziel der Vorrichtung. Nachteilig an dieser und ähnlichen bekannten Lösungen ist aber gerade diese durchweg beabsichtigte und mit der inneren Auswinkelbarkeit verbundene, wechselnde Gestalt der Gaseinbringung, die insbesonders verbunden ist mit Abrißkanten der Gasströmung an den Übergangsstellen zwischen den Vorrichtungsbauteilen. Dadurch werden, infolge erhöhter Quermischungsimpulse nun ebenfalls nachteilige, frühe Lufteinmischungen in die Flammenwurzel verursacht. Bei entsprechenden Auswinkelungen wird dieser Nachteil in der Regel nicht separat erkannt, da er stets mit dem Winkeleinfluß gekoppelt in Erscheinung tritt. Entsprechend dem bekannten Stand der Technik werden diese negativen Effekte ebenso von den ohnehin danach stets vorhandenen Diskontinuitäten im Strömungsweg zusätzlich überlagert. Diesbezüglich schließt sich an die zumeist unvorteilhaft zylindrisch gestalteten Düsen von Brennerlanzenkopf und Düsensteinvorsatzplatte der Brennerdüsenstein an, der zumeist als Diffusor mit einem nachteiligen Öffnungswinkel deutlich größer als 20°, ausgeführt ist. Der Übergang, von der Zylinderform in die des überkritischen Diffusors am Düsenstein, überlagert ebenfalls, die Strömungsturbulenz erhöhend und dadurch mit NO-steigerndem Ergebnis, die Effekte von Brennerlanzenauswirkungen, so daß dieser negative Aspekt bislang nicht explizit offenkundig war.

Das Problem wird durch eine dreiteilige erforderliche Vorrichtung gelöst, die dadurch gekennzeichnet ist, daß vom Brennerkopf an bis zum Gasaustritt am Brennerdüsenstein ein durchgängiger Diffusor gebildet ist, der an der Brennermündung einen Öffnungswinkel von et-

wa 17 Grad aufweist und daß die Mantellinie des Diffusors, dabei die Brennerdüsenvorsatzplatte mit einschließend, einen geschlossenen Kurvenzug bildet, daß die Austrittsöffnung des Diffusors am Brennerdüsenstein einen Öffnungswinkel um 20 Grad aufweist und daß die äußeren formschlüssigen Anschlüsse zwischen den drei Bauteilen zylindrisch ausgebildet sind, so daß eine Auswinkelung untereinander nicht zugelassen wird.

Der Vorteil der Erfindung besteht in einer drastischen Senkung sowohl der Quermischimpulse wie der Injektorwirkung zum einen gegenüber der Luft im Ofeninnenraum nahe der Flammenwurzel und zum andern gegenüber der Umgebungsluft. Hohe Flammtemperaturen an diesem Ort werden zugleich durch eine unterdrückte Startreaktion der Verbrennung vermieden und so das fatale Zusammentreffen von hohem Sauerstoff/ Stickstoffkonzentrationsprodukt mit hohen Temperaturen sicher vermieden.

Zudem wird durch die unterdrückte Startreaktion in Flammenwurzelnähe eine vorteilhaft verzögert einsetzende Kettenreaktion erzielt, die auch im weiteren Verlauf der Flamme deutlich abgeschwächte Temperaturmaxima zur Folge hat. Die Bildung des thermischen- oder Zeldovich-NO wird stark unterdrückt.

Der Nachteil fixierter Flammenrichtung wird allein durch den Effekt strenger Axialität der Bauteile bei weitem überwogen, zumal dieser Vorteil der Vorrichtung nicht generell verschlossen ist, sondern vollständig, wenn auch mit zunächst erhöhtem manuellen Aufwand, durch gemeinsame Auswinkelung der Bauteilgruppe eingestellt werden kann. Durch die klare Trennung von den überlagerten Einflüssen vereinfacht die Eindeutigkeit der Ergebnisse jedoch das Ermitteln eines diesbezüglichen Optimum und verringert somit langfristig sogar den manuellen Aufwand beim Betreiber.

Das Ausführungsbeispiel der brennertechnischen Vorrichtung zur Gaseinbringung beinhaltet die Gestaltung einer Brennerdüse (1) des sogenannten Gaszersetzers in Form eines Diffusors mit einem Öffnungswinkel von 17°, an die sich unmittelbar, bei Vermeidung einer Abrißkante und mit kontinuierlich fortgeführter Mantellinie des Diffusors, eine Düsensteinvorsatzplatte (2) anschließt, die den gleichen Diffusoröffnungswinkel aufweist, wobei dieser Abschnitt ebenso in einen Diffusor einmündet, der nunmehr vom Düsenstein (3) gebildet wird. Dieser weist aber einen Öffnungswinkel auf, der sich von 17° ausgehend kontinuierlich erweitert und am Ende des Düsensteins 21° erreicht. Zur Gewährleistung strenger Axialität des dreiteiligen Diffusors ist die äußere Führung von Düsensteinvorsatzplatte und Brennerdüsenstein als zylindrische Aufnahmeführung (4) ausgeführt. Ebenso ist der Anschluß von Brennerdüse und Düsensteinvorsatzplatte gestaltet. Das Ausführungsbeispiel an einer Floatglaswanne mit mehreren bereits eingeführten anderweitigen und an sich bekannten Primärminde rungsmaßnahmen, unter anderem mit der bisher niveaubestimmenden Anordnung einer Vorsatzplatte, erbrachte eine Minderung des thermischen NO auf etwa die Hälfte des bislang realisierbaren Niveaus nach dem Stand der Technik primärer NOx-Minderung.

## Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Minderung der Stickoxidbildung bei Industrieofenbefeuерungen, insbesondere für gasbeheizte Wannenöfen, bestehend aus den an sich bekannten Bauteilen Brennerdüse, Brennerdüsenstein und einer dazwischen angeordneten Düsensteinvorsatzplatte, dadurch gekennzeichnet, daß die Aneinanderreihung der drei Düsen in Form von Brennerdüse, Düsensteinvorsatzplatte und Brennerdüsenstein eine gemeinsame Achse des Gasstrahlraumes aufweisen, dieser Gasstrahlraum eine geschlossene Mantellinie besitzt und in Form eines Diffusors mit einem Öffnungswinkel um 19 Grad ausgebildet ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Diffusor an der Brennermündung einen Öffnungswinkel von etwa 17 Grad aufweist, die Mantellinie des Diffusors einen geschlossenen Kurvenzug bildet und daß die Austrittsöffnung des Diffusors am Brennerdüsenstein einen Öffnungswinkel um 20 Grad aufweist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 zur Unterdrückung von Achsabweichungen der Bauteile in der Aneinanderreihung, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Brennerdüsenstein und Düsensteinvorsatzplatte sowie zwischen dieser Platte und der Brennerdüse zylindrische Aufnahmeführungen angeordnet sind.

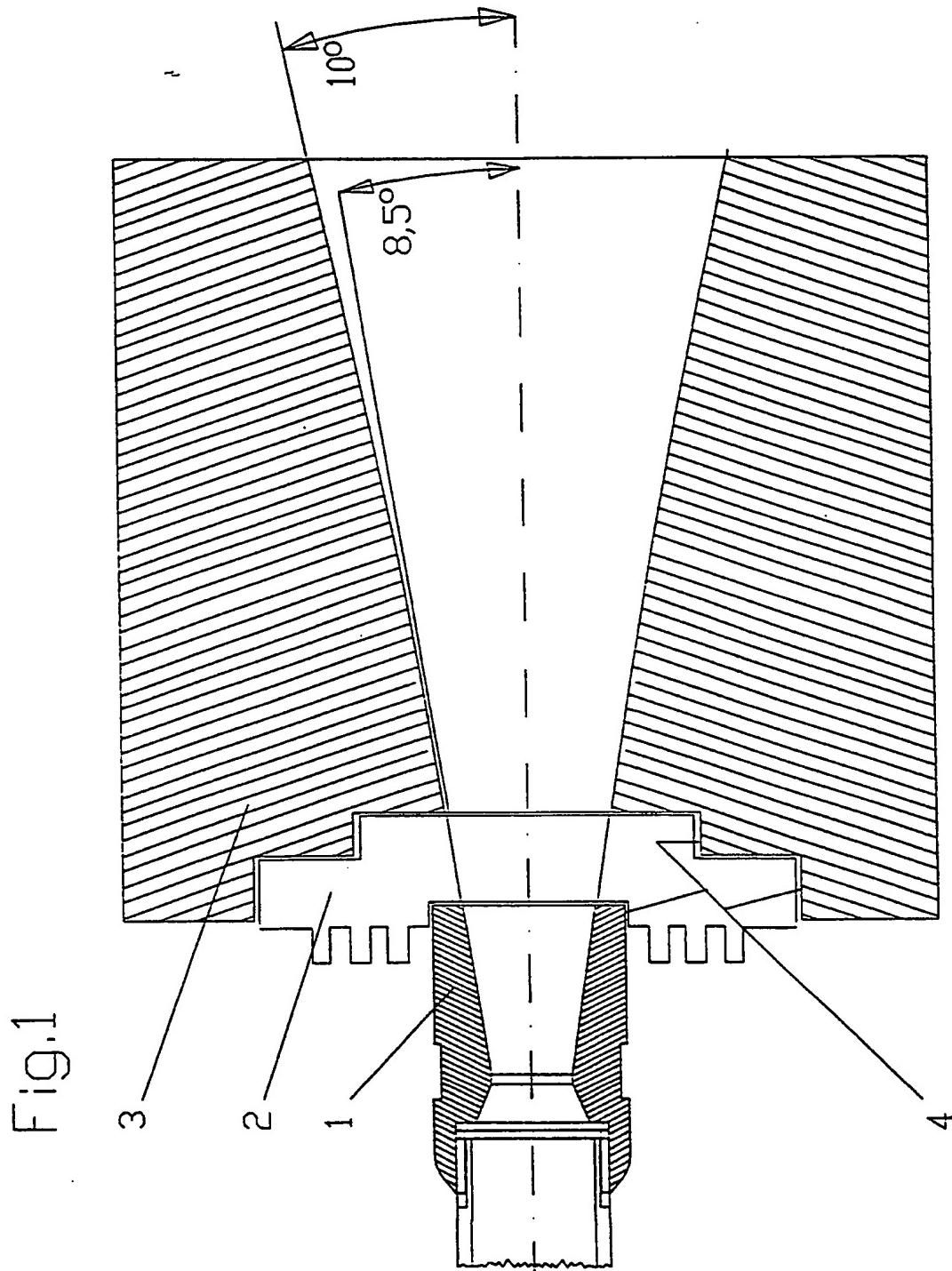
---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

## Bezugszeichenliste

- |                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 1. Brennerdüse                  |    |
| 2. Düsensteinvorsatzplatte      | 65 |
| 3. Brennerdüsenstein            |    |
| 4. Zylindrische Aufnahmeführung |    |



## STN Karlsruhe

=> s de19520650/pn  
L2 1 DE19520650/PN

=> d all

L2 ANSWER 1 OF 1 WPIINDEX COPYRIGHT 2006 THE THOMSON CORP on STN  
AN 1997-035097 [04] WPIINDEX  
DNN N1997-029486  
TI Nitrous oxide reducer for gas-fired furnaces - combines burner nozzle tuyere block front plate and burner tuyere block into axially aligned expanding diffuser.  
DC Q73  
IN HEELEMANN, H; HEGEWALD, F; HEMMANN, P  
PA (SOFT-N) SOFTWARE & TECHNOLOGIE GLAS GMBH  
CYC 18  
PI DE 19520650 A1 19961212 (199704)\* 4 F23D014-48  
WO 9641989 A1 19961227 (199706) GE 12 F23M005-02  
RW: AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LU MC NL PT SE  
W: US  
ADT DE 19520650 A1 DE 1995-1020650 19950609; WO 9641989 A1 WO 1996-EP2433  
19960604  
PRAI DE 1995-19520650 19950609  
REP DE 3218392; EP 91344; WO 9407804  
IC ICM F23D014-48; F23M005-02  
AB DE 19520650 A UPAB: 19970122  
The three nozzles, notably burner nozzle (1), tuyere block front plate (2) and burner tuyere (3), are adjacently conjoined round a common gas jet axis, the jet space being closed off round the casing line and thus forming a 19 deg diffuser.  
At the burner entry the diffuser may stand at 17 deg, and its closed casing presents a curve, as against the diffuser outlet end which covers an angle of 20 deg. Guides (4) between burner tuyere block and the tuyere front plate come in cylindrical form for retained coaxiality. In detail, the diffuser is composed of burner nozzle and tuyere plate plus burner tuyere block in increasingly angled design terminating in the 21 deg outlet end which offers steady flow within a closed casing.  
ADVANTAGE - The diffuser design dramatically reduces transverse mixing pulses such as injection effects, using a suppressed start-up reaction to give a slow chain effect for greatly reduced temperature as associated with otherwise unavoidable oxygen/nitrogen encounters.  
Dwg.1/1  
FS GMPI  
FA AB; GI